

Efectividad de las pinturas antifouling en el puerto de Vigo (Galicia, N.O. de la Península Ibérica)

C. BARCIA LEAL*, M.I. GUILLERMES**, E. FERNÁNDEZ PULPEIRO* & J. CREMADES***

**Departamento de Biología Animal. Facultad de Biología. Universidad de Santiago
15071 Santiago de Compostela. España*

***Departamento de Biología Vegetal (Botánica). Facultad de Biología. Universidad de Santiago
15071 Santiago de Compostela. España*

****Departamento de Biología Animal y Biología Vegetal. Facultad de Ciencias
Universidad de A Coruña. 15071 A Coruña. España*

Resumen

BARCIA LEAL, C., GUILLERMES, M.I., FERNÁNDEZ PULPEIRO, E. & CREMADES, J. (1995). Efectividad de las pinturas antifouling en el puerto de Vigo (Galicia, N.O. de la Península Ibérica). *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 5: 251-266

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de la actividad de dos tipos de pinturas antiincrustantes durante un año de inmersión en el puerto de Vigo. Las pinturas ensayadas son: una convencional de matriz vinílica y otra de matriz autopulimentante, ambas conteniendo óxido de cobre como biocida. En los experimentos realizados se comparan las fijaciones sobre placas tratadas con estas pinturas y placas patrón tratadas con una pintura sin agente biocida, durante 3, 6, 9 y 12 meses de inmersión. En cuanto a la efectividad de las pinturas ensayadas, se observan unos mejores resultados globales de la pintura autopulimentante frente a la de matriz vinílica, quedando de manifiesto que la luz es uno de los factores que más condicionan la efectividad de las pinturas antifouling.

Palabras clave: *Fouling* animal, *fouling* algal, pinturas antifouling, Atlántico, Galicia, Península Ibérica.

Abstract

BARCIA LEAL, C., GUILLERMES, M.I., FERNÁNDEZ PULPEIRO, E. & CREMADES, J. (1995). Effectiveness of antifouling paints in the port of Vigo (Galicia, N.W. Spain). *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 5: 251-266

We report the results of the first year of evaluation of two types of antifouling paint: a conventional paint and self-polishing paint, both containing copper oxide as biocide, in the port of Vigo. The experiment involves comparison of the fouling of conventional painted, self-polishing painted and untreated PVC plates suspended from a raft anchored in the port. One batch of plates was immersed in March 1993, and another in June 1993. In each case, the plates were attached in vertical position to a hinged panel suspended from the raft. The outward-facing surface of each plate receives more light and is thus used to study algal fouling; the inward-facing surface, which receives less light, is used to study animal fouling. In the untreated plates we are noted remarkable differences in the initial colonization stages, in function of the degree of light exposure, although the result at the end of the submersion period was the same, the attainment of a *Mytilus galloprovincialis* climacium community established upon a *Balanus* spp. stratum. With relation to the paints' effectiveness, we observed a better overall result in the case of the self-polishing treatment, in comparison with the vinyl one. Light is one of the conditioning factors in the effectiveness of antifouling paints, since we observed that the plates treated with these paints lost their effectiveness as the degree of exposure increased, so that the ones placed in the dark side of the panel were active during a longer submersion time.

Key words: Animal fouling, algal fouling, antifouling paints, Atlantic Ocean, Galicia, Iberian Peninsula.

INTRODUCCION

El término *fouling* se emplea para designar al conjunto de organismos que se desarrollan sobre las estructuras artificiales sumergidas. Desde el punto de vista económico, la formación de adherencias orgánicas sobre estas estructuras ocasiona considerables pérdidas, al provocar obstrucciones en los desagües de explotaciones costeras así como en las tuberías de refrigeración de centrales eléctricas y térmicas, originando también graves problemas en los cascos de las embarcaciones.

El estudio de los organismos del *fouling* y su prevención constituye un tema del que se ocupan numerosos investigadores de diversos puntos del mundo. Con referencia al litoral español, cabe mencionar los trabajos de ALVARIÑO (1951) y VÁZQUEZ & URGORRI (1992) sobre las incrustaciones marinas en la Ría de Ferrol, y los efectuados por ARIAS & MORALES (1963, 1969) y MORALES & ARIAS (1964) sobre el *fouling* en el puerto de Barcelona, autores que continúan sus investigaciones en diversos puntos del sureste de España: Escombreras (MORALES & ARIAS, 1977), Castellón (ARIAS & MORALES, 1979a); llevando a cabo, incluso, estudios comparativos del *fouling* de diversos puertos del Mediterráneo (MORALES & ARIAS, 1979a), y ampliando posteriormente su área de trabajo a las costas cantábricas: Guetaria (MORALES & ARIAS, 1979b). Posteriormente se han llevado a cabo estudios de colonización de superficies artificiales en otros puntos del litoral ibérico: Islas Medes (HERDOCIO, 1984).

Los mencionados trabajos se refieren fundamentalmente al macro*fouling* animal; sin embargo, y a pesar de la creciente importancia del macro*fouling* algal, derivada de las actuales pautas de navegación (CHRISTIE, 1973), no se tiene noticias de estudios previos en nuestro país acerca de su naturaleza y evolución.

El sistema tradicionalmente utilizado para la protección de los cascos de las embarcaciones son las pinturas antifouling, que liberan productos tóxicos al medio para impedir la adherencia de organismos o su normal crecimiento. El comportamiento de estas pinturas depende de diversos factores, tales como, el tipo de organismos sobre los que ha de actuar, las condiciones físico-químicas de las aguas, fitoplancton, etc.,

por lo cual varía ostensiblemente entre los distintos puertos (ARIAS *et al.*, 1970). Cabe destacar, al respecto, los trabajos sobre eficacia de pinturas antifouling realizados en España por ARIAS *et al.* (1970; 1980a,b; 1981; 1986; 1988; 1989a,b).

El interés e importancia de esta línea de investigación es la razón por la que, recientemente, se han iniciado en Galicia estudios sobre el *fouling* animal y algal, y sobre su prevención, restringidos hasta la fecha al puerto de Vigo. Los resultados preliminares obtenidos en estos estudios se plasman en los trabajos de GUILLERMES (1992), GUILLERMES & CREMADES (1993), GUILLERMES *et al.* (1994) y ESTÉVEZ OJEA (1994).

En el presente trabajo se compara, tanto cuantitativa como cualitativamente, la variación de las pautas de colonización por las comunidades del *fouling* de placas experimentales sumergidas en el puerto de Vigo, en función de la estación en que se inicie su inmersión y del grado de iluminación al que estén expuestas las superficies. Algunas de las placas fueron tratadas con las pinturas antiincrustantes más utilizadas en dicho puerto, mientras que otras carecían de protección antifouling.

MATERIAL Y METODOS

Para llevar a cabo este estudio se ha utilizado un flotador experimental fondeado en el puerto de Vigo (Fig. 1). Este flotador está provisto de un panel móvil que soporta placas experimentales sobre sus dos caras, una interna (oscura) y otra externa (iluminada), sobre las que previsiblemente se desarrollarán comunidades de bio*fouling* animal y algal respectivamente.

El experimento comenzó en el mes de marzo de 1993, coincidiendo con el inicio del período de máxima fijación de organismos del *fouling* en el puerto de Vigo, período que se prolonga hasta finales del verano [*cf.* GUILLERMES (1992) y ESTÉVEZ-OJEA (1994)]. En este mes fueron sumergidas, aleatoriamente y en ambas caras del panel (siguiendo una distribución en cuadrado latino), 48 placas de PVC de 10x10cm que constituyen la serie de primavera. A cada uno de los tres grupos de 8 placas de cada cara se le aplicó una pintura diferente con un espesor de 200µm. Al primero una convencional

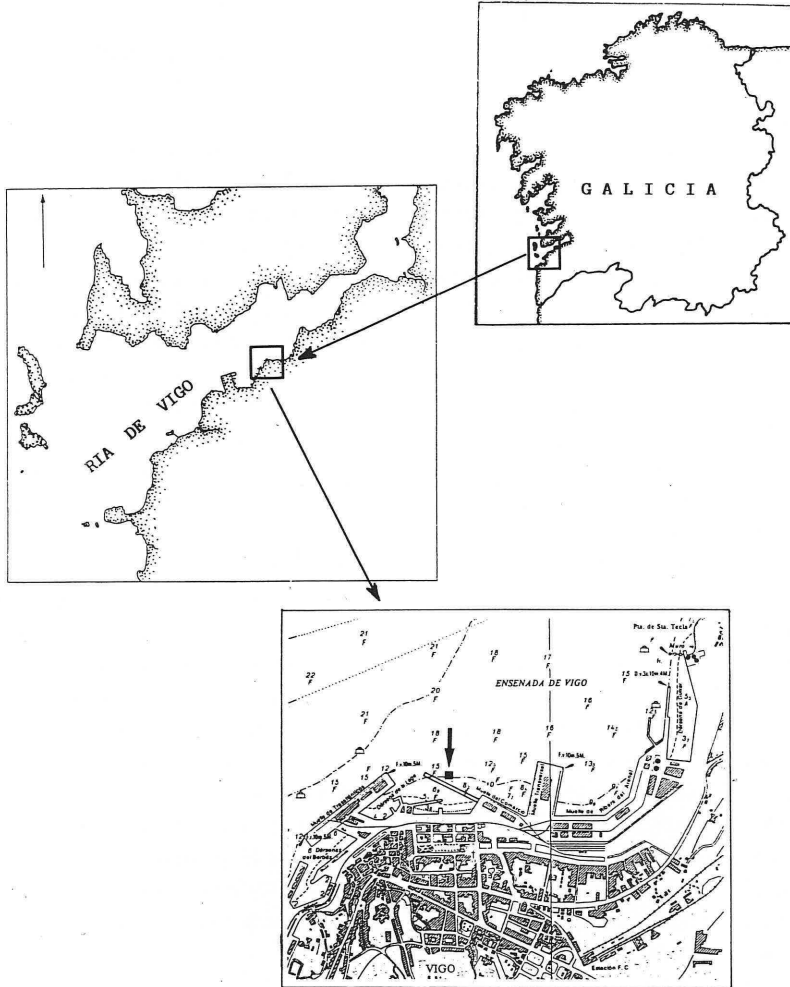


Fig. 1. Localización del flotador experimental en el puerto de Vigo.

antiincrustante (patrón de comparación), mientras que a los otros dos se les aplicó dos pinturas antifouling de diferente matriz, vinílica o autopulimentante, cuyo componente biocida es el mismo: óxido cuproso (Cu_2O). Dos placas de cada tratamiento y localización fueron recogidas y estudiadas a los tres, seis, nueve y doce meses de inmersión. En el mes de junio, se sumergió otra serie de 48 placas experimentales, que constituyen la serie de verano, siguiendo el mismo procedimiento que con las introducidas en el mes de marzo; éstas últimas placas fueron también muestreadas trimestralmente durante el período de un año.

En cada una de las placas extraídas se realizó un inventario en el que a cada organismo, se le asignó un índice de abundancia o cobertura basado en el método fitosociológico de BRAUN-BLANQUET (1951), adaptado para las comunidades bentónicas marinas por PÉRES & PICARD (1964), anotando, además, el tamaño y estado reproductivo de los especímenes. Los valores medios para cada taxon de los inventarios realizados sobre las diversas placas, bajo las diferentes condiciones lumínicas y en cada uno de los períodos, se incluyen en la Tabla I y en la Fig. 2.

RESULTADOS

CARA ILUMINADA

Período de inmersión: 3 meses

En los tres meses iniciales, tanto en la serie de primavera como en la de verano, las placas patrón presentan comunidades algales bien desarrolladas y muy similares a las descritas anteriormente por GUILLERMES *et al.* (1992, 1994) en el puerto de Vigo sobre placas sin ningún tratamiento y para los mismos períodos de inmersión. Estas comunidades se caracterizan por los altos recubrimientos de ectocarpáceas pertenecientes a los géneros *Hincksia* y *Ectocarpus*. El menor recubrimiento algal (aunque diverso específicamente) que se aprecia en las placas de primavera es debido al ramoneo que ejercen los Anfípodos y a que los tubos en los cuales se refugian están formados por una sustancia mucosa que aglutina las algas que encuentran a su alrededor.

Tanto en las pinturas vinílicas como en las autopulimentantes, la fijación es mínima en ambos períodos. Aparte del ligero mucílago (*slime*) de diatomeas, particularmente abundante en las vinílicas, se observa un recubrimiento discreto de un feófito mirionematoide que parece corresponderse con formas anómalas de una especie común de las placas patrón en las primeras fases de colonización, *Protectocarpus speciosus* (Börjesen) Kuckuck.

Período de inmersión: 6 meses

Tras seis meses de inmersión se observa que en las placas patrón, tanto de la serie de primavera como de verano, se ha desarrollado notablemente la comunidad de *Mytilus galloprovincialis*, que se asienta sobre un estrato de *Balanus* spp., comunidad que concuerda plenamente con la obtenida anteriormente por GUILLERMES (1992) para períodos y épocas de inmersión similares. En esta comunidad la presencia de algas es prácticamente nula; sólo se observa, en el sustrato de la misma, algunos restos de ulváceas y ectocarpáceas prácticamen-

te muertas por el ensombrecimiento ocasionado por los animales anteriores.

Después de este período de inmersión, las pinturas autopulimentantes permanecen todavía muy efectivas, presentando, como en el período anterior, sólo un ligero mucílago de diatomeas y formas anómalas de *Protectocarpus speciosus*; sin embargo, se aprecia que las pinturas vinílicas están empezando a perder efectividad. Esta pérdida se manifiesta, sobre todo en la época de primavera, por la presencia de un recubrimiento considerable de tubos de *Jassa falcata*. Además, estas placas de matriz vinílica presentan el inconveniente de ser colonizadas marginalmente por organismos bentónicos diversos, tales como Anfípodos o mitílidos, gracias a las estructuras inertes que éstos usan para su fijación al sustrato (organismos que fueron desprendidos para la realización de las fotografías). Esta colonización marginal explica la ausencia casi total de diatomeas en las placas, debido sin duda al oscurecimiento del sustrato ocasionado por las poblaciones de *Mytilus galloprovincialis*. En las placas de verano la cantidad de diatomeas y feófitos mirionematoides, tanto en las tratadas con pintura vinílica como en las tratadas con pintura autopulimentante, es ligeramente mayor que en las de primavera, lo cual nos indica una mayor pérdida de la efectividad de los tratamientos en este período.

Período de inmersión: 9 meses

A los nueve meses de inmersión se observa que las placas patrón, tanto de la serie de primavera como de la serie de verano, se encuentran, como en el período anterior, totalmente recubiertas por ejemplares de *Mytilus galloprovincialis* asentados sobre un estrato de *Balanus perforatus*, no existiendo recubrimiento algal debido al oscurecimiento del sustrato.

La efectividad que presentan las pinturas en las series de primavera es bastante escasa. La fijación en las tratadas con pintura vinílica es alta, apareciendo totalmente recubiertas por feófitos mirionematoides y diatomeas, llegando a aparecer, incluso, algunas macroalgas. Las de tipo autopulimentante, aunque siguen presen-

tando una buena protección frente a la fijación del *fouling*, empiezan a manifestar un acusado desgaste, existiendo zonas donde la pintura ya ha desaparecido por completo (dejando al descubierto el PVC), lo que permite su colonización por las comunidades algales. En la época de verano la situación es más o menos similar, se produce también una colonización bastante alta en las placas de pinturas (tanto de feófitos mirionematoídes como de diatomeas), aunque de las dos pinturas, la que presenta en este momento una menor colonización es la autopulimentante.

Período de inmersión: 12 meses

Transcurrido un año a partir de la inmersión, tanto las placas patrón de la serie de primavera como las de verano están totalmente colonizadas por ejemplares de *Mytilus galloprovincialis*, de hasta unos 7 cm de longitud, asentados sobre ejemplares de *Balanus perforatus* de gran tamaño y vacíos en su mayoría.

Las placas de pintura vinílica están en parte cubiertas de *Mytilus galloprovincialis*, debido a la contaminación de las placas patrón próximas, enmascarando la verdadera colonización de la placa por feófitos mirionematoídes y diatomeas pennales. El recubrimiento de estas últimas especies es alto, lo que indica la poca efectividad que tiene la pintura después de un año de inmersión. Las placas tratadas con pintura autopulimentante presentan también un recubrimiento bastante notable por macroalgas, en las zonas donde la pintura ha desaparecido totalmente, dejando la placa de PVC al descubierto y colonizándose estas zonas como si de una placa patrón se tratara; en el resto, en donde existe todavía pintura, sigue siendo ésta bastante efectiva y sólo presenta sobre su superficie una fina capa de diatomeas pennales y, en menor cantidad, feófitos mirionematoídes.

CARA OSCURA

Período de inmersión: 3 meses

Transcurridos tres meses desde la inmersión de las placas de primavera, se aprecia una colonización total de las superficies patrón. En el

recubrimiento predominan las especies de *Balanus*, apareciendo también Hidrozoos (*Obelia geniculata*), tubos de Poliquetos (*Pomatoceros triqueter*) y de Anfípodos (*Jassa falcata*). Sobre el estrato de Cirrípodos comienza a asentarse otro de *Mytilus galloprovincialis*, integrado en este momento por individuos de pequeño tamaño (0.5cm). Por su parte, las placas patrón de la serie de verano muestran un revestimiento prácticamente total de *Balanus* spp. sobre los que se asienta la comunidad de *Mytilus galloprovincialis* que presenta individuos de tamaños muy variables, alcanzando los 3cm de longitud.

En la serie de primavera, tanto la pintura vinílica como la autopulimentante, actúan satisfactoriamente, aunque en la vinílica se observan pequeñas agrupaciones de tubos de Anfípodos. En la serie de verano las pinturas vinílicas presentan unas incrustaciones similares a las observadas en la serie de primavera, aunque la fijación de tubos de *Jassa falcata* es ligeramente superior sin alcanzar el 1% de cobertura; además, una pequeña colonia de *Clytia hemisphaerica* aparece asentada sobre un grupo de tubos de estos Anfípodos y comienzan a desarrollarse los feófitos mirionematoídes. Las placas tratadas con pintura autopulimentante muestran tan sólo algunos tubos de *Jassa falcata*.

Período de inmersión: 6 meses

Tras seis meses de inmersión, en las placas patrón de la serie de primavera se ha desarrollado la comunidad climácica de *Mytilus galloprovincialis* (cuyos individuos alcanzan 2.5-3cm de longitud), que se asienta sobre un estrato de *Balanus* spp. en su mayoría vacíos y ocupados por Turbelarios, Poliquetos, etc. Las placas patrón de la serie de verano se encuentran totalmente cubiertas por la misma comunidad de *Mytilus galloprovincialis*, pero con individuos que alcanzan los 5cm. de longitud.

En la serie de primavera las placas tratadas con pintura vinílica presentan una escasa fijación de *Jassa falcata* y un reducido recubrimiento de feófitos mirionematoídes; a su vez, las placas tratadas con pintura autopulimentante carecen prácticamente de incrustaciones. En la serie de verano las placas tratadas con recubrimiento vinílico muestran una escasa colonización por

TABLA I. Inventarios realizados sobre las diversas placas, bajo las diferentes condiciones lumínicas y en cada uno de los períodos.

CARA ILUMINADA						
3 MESES						
Estrato superior (>5mm)	PP	VP	PV	VV	PA	VA
<i>Enteromorpha prolifera</i> (Müller) J. Agardh	2	1	-	-	-	-
<i>Hinckia granulosa</i> (Smith) Silva	1	1	-	-	-	-
<i>Enteromorpha flexuosa</i> (Wulfen ex Roth) J. Agardh	+	1	-	-	-	-
<i>Ulva rigida</i> C. Agardh	+	+	-	-	-	-
<i>Ulva rotundata</i> Bliding	-	1	-	-	-	-
<i>Hinckia sandriana</i> (Zanardini) Silva	-	1	-	-	-	-
<i>Scytosiphon dotyi</i> Wynne	-	+	-	-	-	-
<i>Ceramium secundatum</i> Lyngbye	+	-	-	-	-	-
Estrato medio (1-4mm)						
Tubos de <i>Jassa falcata</i> (Montagu)	5	4	+	1	-	-
<i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngbye	4	3	-	-	-	-
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck	2	-	-	-	-	-
<i>Balanus perforatus</i> Bruguère	1	-	-	-	-	-
<i>Chaetomorpha mediterranea</i> (Kützing) Kützing	+	-	-	-	-	-
<i>Ulothrix flacca</i> (Dillwyn) Thuret	+	-	-	-	-	-
<i>Ulva rotundata</i> Bliding	-	+	-	-	-	-
<i>Ulva rigida</i> C. Agardh	-	+	-	-	-	-
Estrato postrado (<1mm)						
Diatomeas pennaes	-	-	3	3	3	3
Feófitos mirionematoides	-	-	1	+	r	-
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck	-	1	-	-	-	-
Embriones de Ulvaes	-	1	-	-	-	-
<i>Balanus perforatus</i> Bruguère	-	+	-	-	-	-
Estrato epibionte						
<i>Clytia hemisphaerica</i> (Linnaeus)	-	3	-	-	-	-
<i>Hinckia</i> sp.	+	+	-	-	-	-
Protozoos	+	-	-	-	-	-
<i>Ulothrix flacca</i> (Dillwyn) Thuret	+	-	-	-	-	-
<i>Cladophora</i> sp.	-	+	-	-	-	-
6 MESES						
Estrato superior (>5mm)	PP	VP	PV	VV	PA	VA
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck	5	5	-	-	-	-
<i>Balanus perforatus</i> Bruguère	3	3	-	-	-	-
<i>Balanus crenatus</i> Bruguère	-	+	-	-	-	-
<i>Ulva rotundata</i> Bliding	-	+	-	-	-	-
Estrato medio (1-4mm)						
Tubos de <i>Jassa falcata</i> (Montagu)	-	1	+	+	-	-
Estrato postrado (<1mm)						
Feófitos mirionematoides	-	-	1	3	r	+
Diatomeas pennaes	-	-	-	3	+	5
Dinoflagelados	r	-	-	-	r	-
Protozoos	-	-	-	-	-	r
9 MESES						
Estrato superior (>5mm)	PP	VP	PV	VV	PA	VA
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck	5	5	-	-	-	-
<i>Balanus perforatus</i> Bruguère	4	3	-	-	-	-

PP= Primavera/patrón; VP= Verano/patrón; PV= Primavera/vinífica; VV= Verano/vinífica; PA= Primavera/autopulimentante; VA= Verano/autopulimentante.

TABLA I. Inventarios realizados sobre las diversas placas, bajo las diferentes condiciones lumínicas y en cada uno de los períodos (continuación)

Estrato medio (1-4mm)						
Protozoos	-	-	1	-	-	1
Tubos de <i>Jassa falcata</i> (Montagu)	-	-	+	+	+	-
<i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngbye	-	-	+	-	-	-
Estrato postrado (<1mm)						
Feófitos mirionematoides	-	-	5	2	3	2
Diatomeas pennales	-	-	2	1	1	1
Bacterias	-	-	+	+	+	+
Estrato epibionte						
Cianofíceas	-	-	1	-	-	-
12 MESES						
Estrato superior (>5mm)	PP	VP	PV	VV	PA	VA
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck	5	5	-	-	-	-
<i>Balanus perforatus</i> Bruguière	4	4	-	-	-	-
Estrato medio (1-4mm)						
Protozoos	-	-	1	-	+	-
<i>Ectocarpus</i> sp.	-	-	1	-	-	-
<i>Enteromorpha</i> sp.	-	-	+	-	-	-
<i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngbye	-	-	-	+	-	-
Tubos de <i>Jassa falcata</i> (Montagu)	-	-	-	2	-	-
<i>Ulva rigida</i> C. Agardh	-	-	-	-	+	-
<i>Hincksia</i> sp.	-	-	-	-	+	-
Estrato postrado (<1mm)						
Diatomeas pennales	-	-	1	1	3	3
Feófitos mirionematoides	-	-	5	4	3	1
Bacterias	-	-	+	+	+	-
Protozoos	-	-	-	+	-	-
<i>Balanus perforatus</i> Bruguière	-	-	r	+	-	-
Estrato epibionte						
Bacterias	-	-	5	1	-	-
<i>Ceramium</i> sp.	-	1	-	-	-	-
CARA OSCURA						
3 MESES						
Estrato basal	PP	VP	PV	VV	PA	VA
Feófitos mirionematoides	-	-	+	-	-	-
<i>Clytia hemisphaerica</i> (Linnaeus)	+	-	-	-	-	-
<i>Obelia geniculata</i> (Linnaeus)	+	-	-	-	-	-
<i>Obelia</i> sp.	-	1	-	-	-	-
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck	2	3	-	-	-	-
<i>Pomatoceros triqueter</i> (Linnaeus)	1	-	-	-	-	-
<i>Balanus crenatus</i> Bruguière	3	2	-	-	-	-
<i>Balanus perforatus</i> Bruguière	4	5	-	-	-	-
<i>Elminius modestus</i> Darwin	+	-	-	-	-	-
Tubos de Tanaidáceos y Anfípodos	1	1	-	-	-	-
Tubos de <i>Jassa falcata</i> (Montagu)	-	-	r	+	-	r
<i>Electra pilosa</i> (Linnaeus)	1	-	-	-	-	-
<i>Ciona intestinalis</i> (Linnaeus)	1	-	-	-	-	-
Puestas indet.	-	1	-	-	-	-
Epibiontes						
<i>Clytia hemisphaerica</i> (Linnaeus)	-	1	r	-	-	-
<i>Obelia geniculata</i> (Linnaeus)	-	1	-	-	-	-

PP= Primavera/patrón; VP= Verano/patrón; PV= Primavera/vinílica; VV= Verano/vinílica; PA= Primavera/autopulimentante; VA= Verano/autopulimentante.

TABLA I. Inventarios realizados sobre las diversas placas, bajo las diferentes condiciones lumínicas y en cada uno de los períodos (continuación)

<i>Obelia</i> sp.	-	+	-	-	-	-
<i>Balanus crenatus</i> Bruguière	1	2	-	-	-	-
<i>Balanus perforatus</i> Bruguière	3	4	-	-	-	-
<i>Elminius modestus</i> Darwin	+	+	-	-	-	-
Tubos de Tanaidáceos y Anfípodos	4	4	-	-	-	-
<i>Bowerbankia gracillima</i> (Hincks)	1	3	-	-	-	-
<i>Bowerbankia imbricata</i> (Adams)	1	2	-	-	-	-
<i>Buskia nitens</i> Alder	+	+	-	-	-	-
<i>Electra pilosa</i> (Linnaeus)	2	-	-	-	-	-
<i>Scrupocellaria reptans</i> (Linnaeus)	-	+	-	-	-	-
<i>Ciona intestinalis</i> (Linnaeus)	+	-	-	-	-	-
6 MESES						
Estrato basal	PP	VP	PV	VV	PA	VA
Diatomeas pennales	-	-	-	-	-	+
Feófitos mirionematoides	-	-	1	+	-	-
<i>Obelia geniculata</i> (Linnaeus)	+	+	-	-	-	-
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck	5	5	-	-	-	-
<i>Pomatoceros triqueter</i> (Linnaeus)	-	+	-	-	-	-
<i>Balanus crenatus</i> Bruguière	1	+	-	-	-	-
<i>Balanus perforatus</i> Bruguière	4	3	-	-	-	-
<i>Balanus improvisus</i> Darwin	+	-	-	-	-	-
<i>Elminius modestus</i> Darwin	-	+	-	-	-	-
Tubos de Tanaidáceos y Anfípodos	1	1	-	-	-	-
Tubos de <i>Jassa falcata</i> (Montagu)	-	-	+	+	r	r
Epibiontes						
<i>Clytia hemisphaerica</i> (Linnaeus)	1	1	-	-	-	-
<i>Obelia geniculata</i> (Linnaeus)	1	1	-	-	-	-
<i>Tubularia</i> sp.	r	-	-	-	-	-
<i>Pomatoceros triqueter</i> (Linnaeus)	-	+	-	-	-	-
<i>Balanus crenatus</i> Bruguière	+	-	-	-	-	-
<i>Balanus perforatus</i> Bruguière	3	+	-	-	-	-
<i>Elminius modestus</i> Darwin	+	-	-	-	-	-
Tubos de Tanaidáceos y Anfípodos	4	2	-	-	-	-
<i>Bowerbankia gracilis</i> Leidy	+	-	-	-	-	-
<i>Bowerbankia gracillima</i> (Hincks)	3	+	-	-	-	-
<i>Bowerbankia imbricata</i> (Adams)	2	+	-	-	-	-
<i>Buskia nitens</i> Alder	+	-	-	-	-	-
<i>Bugula neritina</i> (Linnaeus)	+	+	-	-	-	-
<i>Ciona intestinalis</i> (Linnaeus)	+	+	-	-	-	-
9 MESES						
Estrato basal	PP	VP	PV	VV	PA	VA
Bacterias	-	-	+	-	+	-
Protozoos	-	-	+	+	+	+
Diatomeas	-	-	+	-	+	-
Cianofíceas	-	-	+	-	+	-
Feófitos mirionematoides	-	-	1	3	-	+
<i>Obelia geniculata</i> (Linnaeus)	1	-	-	-	-	-
<i>Obelia</i> sp.	1	-	-	-	-	-
<i>Actinia</i> indet.	r	-	-	-	-	-
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck	5	5	-	-	-	-

PP= Primavera/patrón; VP= Verano/patrón; PV= Primavera/vinflca; VV= Verano/vinflca; PA= Primavera/autopulimentante; VA= Verano/autopulimentante.

TABLA I. Inventarios realizados sobre las diversas placas, bajo las diferentes condiciones lumínicas y en cada uno de los períodos (continuación)

Serpúlidos	1	-	-	-	-	-
<i>Balanus crenatus</i> Bruguière	1	-	-	-	-	-
<i>Balanus perforatus</i> Bruguière	4	2	-	-	-	-
<i>Elminius modestus</i> Darwin	-	+	-	-	-	-
Tubos de <i>Jassa falcata</i> (Montagu)	1	2	+	1	+	+
<i>Bowerbankia imbricata</i> (Adams)	+	1	-	-	-	-
<i>Buskia nitens</i> Alder	+	+	-	-	-	-
Ancéstrula de <i>Bugula</i> sp.	r	-	-	-	-	-
Puestas indet.	-	-	-	-	+	-
Epibiontes						
<i>Obelia geniculata</i> (Linnaeus)	1	-	-	-	-	-
<i>Obelia</i> sp.	+	+	-	-	-	-
<i>Pomatoceros triqueter</i> (Linnaeus)	+	+	-	-	-	-
<i>Balanus crenatus</i> Bruguière	-	+	-	-	-	-
<i>Balanus perforatus</i> Bruguière	1	2	-	-	-	-
<i>Elminius modestus</i> Darwin	+	-	-	-	-	-
Tubos de Tanaidáceos y Anfípodos	3	2	-	-	-	-
<i>Bowerbankia gracillima</i> (Hincks)	-	+	-	-	-	-
<i>Bowerbankia imbricata</i> (Adams)	3	2	-	-	-	-
<i>Celleporella hyalina</i> (Linnaeus)	-	+	-	-	-	-
Ascidias indet.	1	-	-	-	-	-
Puestas indet.	1	-	-	-	-	-
12 MESES						
Estrato basal	PP	VP	PV	VV	PA	VA
Bacterias	-	-	+	+	+	+
Protozoos	-	-	-	-	-	+
Feófitos mirionematoides	-	-	3	1	1	-
<i>Obelia</i> sp.	+	-	-	-	-	-
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck	5	5	4	-	3	-
<i>Balanus crenatus</i> Bruguière	+	+	-	-	-	-
<i>Balanus perforatus</i> Bruguière	4	2	-	-	1	-
<i>Elminius modestus</i> Darwin	r	+	-	-	-	-
Tubos de Tanaidáceos y Anfípodos	1	2	-	-	-	-
<i>Bowerbankia imbricata</i> (Adams)	1	-	-	-	-	-
Puestas de Turbelarios	1	-	-	-	-	-
Puestas indet.	-	+	-	-	-	-
Epibiontes						
<i>Obelia</i> sp.	+	+	-	-	-	-
<i>Pomatoceros triqueter</i> (Linnaeus)	-	+	-	-	-	-
<i>Balanus crenatus</i> Bruguière	-	+	-	-	-	-
<i>Balanus perforatus</i> Bruguière	3	1	2	-	+	-
<i>Elminius modestus</i> Darwin	+	+	-	-	-	-
Tubos de Tanaidáceos y Anfípodos	3	-	-	-	-	-
Tubos de <i>Jassa falcata</i> (Montagu)	3	-	1	-	+	-
<i>Bowerbankia imbricata</i> (Adams)	2	+	-	-	+	-
<i>Celleporella hyalina</i> (Linnaeus)	-	+	-	-	-	-
Ascidias indet.	-	+	-	-	-	-
Puestas de Turbelarios	1	-	-	-	-	-
Puestas indet.	-	+	-	-	-	-

PP= Primavera/patrón; VP= Verano/patrón; PV= Primavera/vinflica; VV= Verano/vinflica; PA= Primavera/autopulimentante; VA= Verano/autopulimentante.

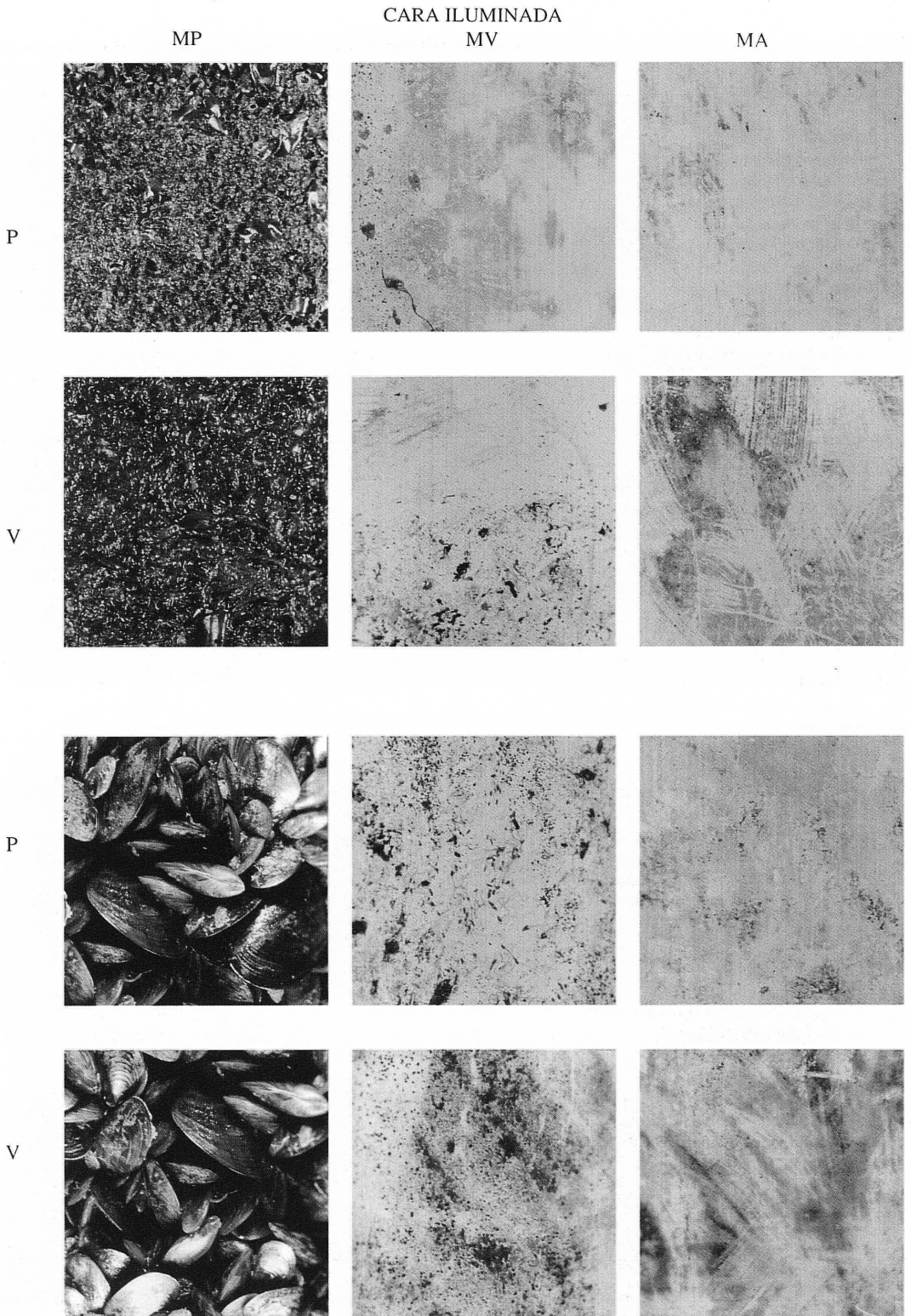


Fig. 2. Fotografías de las placas con los distintos tratamientos, bajo las diferentes condiciones lumínicas y en cada uno de los períodos. P = Primavera; V = Verano ; MP = Matriz patrón; MV = Matriz vinílica; MA = Matriz autopolimentante.

MP

CARA OSCURA
MV

MA

3

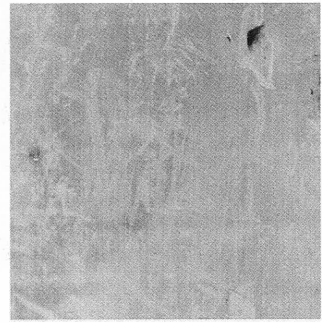
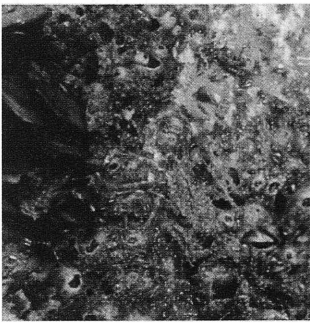
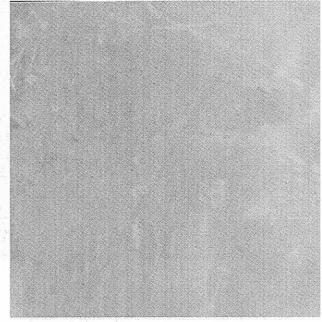
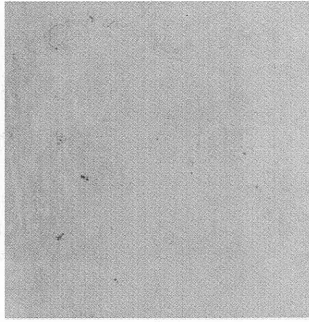
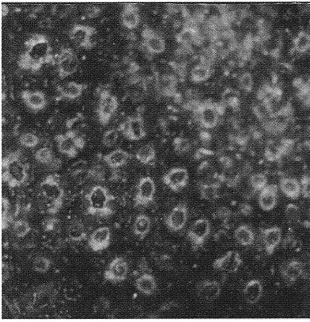
M

E

S

E

S



6

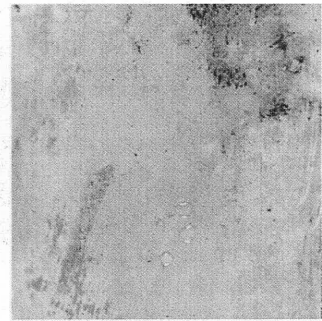
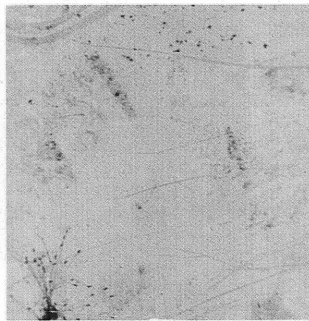
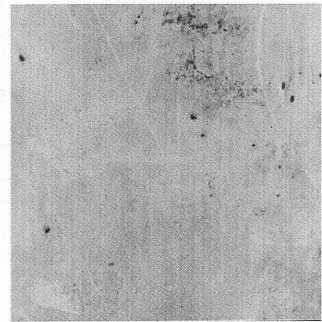
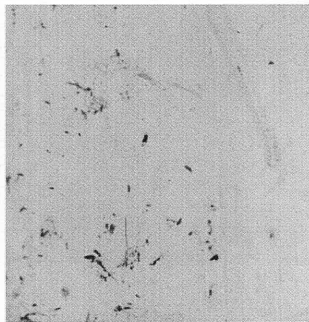
M

E

S

E

S



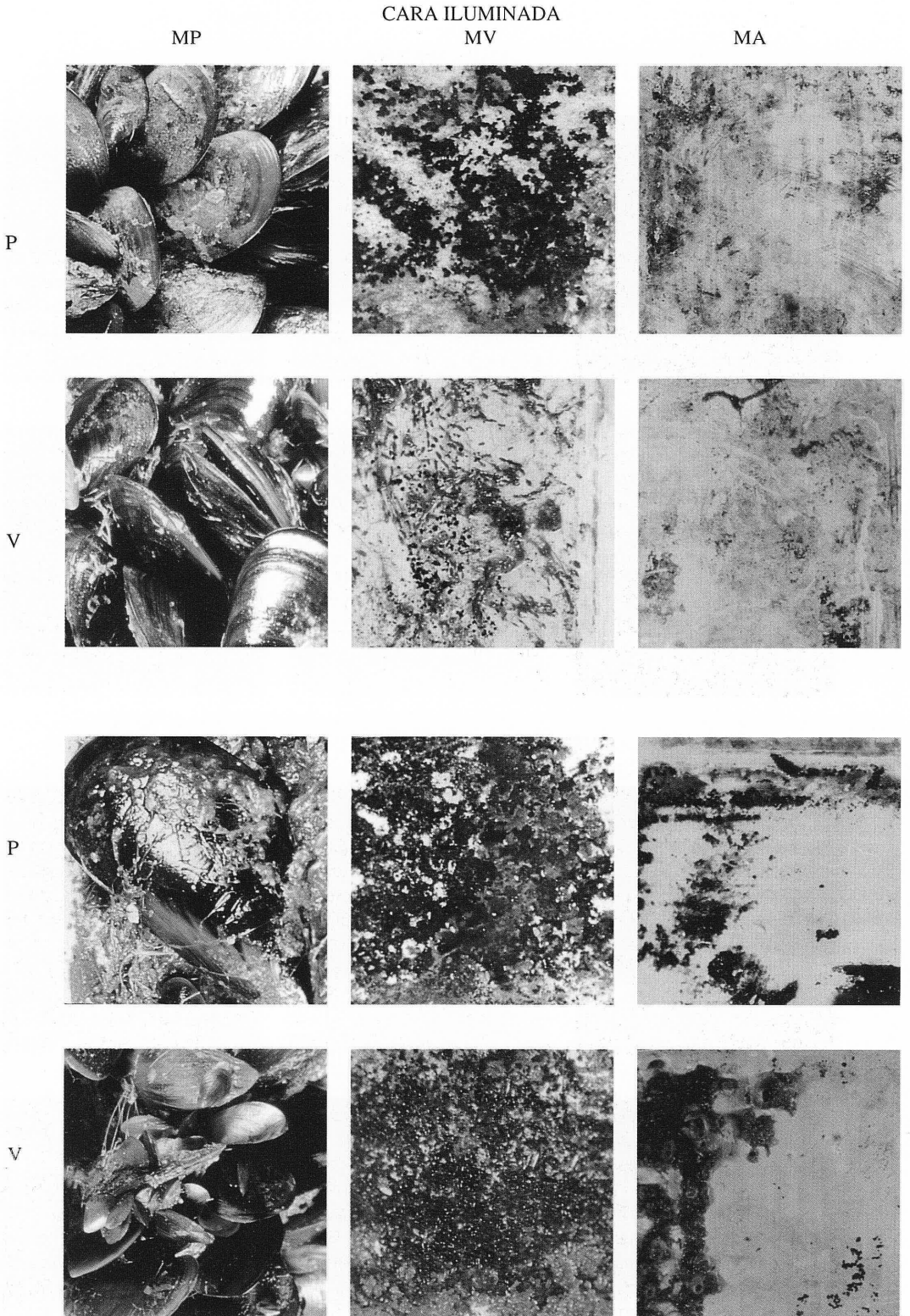


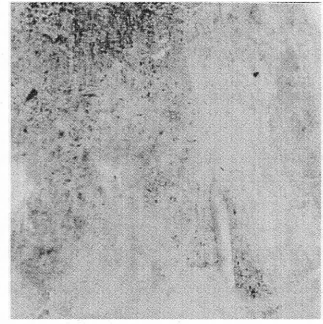
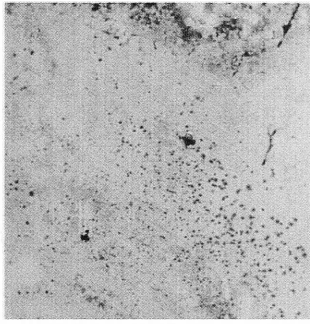
Fig. 2. Fotografías de las placas con los distintos tratamientos, bajo las diferentes condiciones lumínicas y en cada uno de los períodos. P = Primavera; V = Verano ; MP = Matriz patrón; MV = Matriz vinfluca; MA = Matriz autopulimentante.

MP

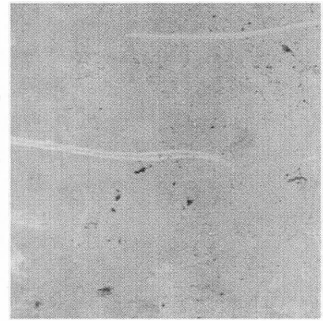
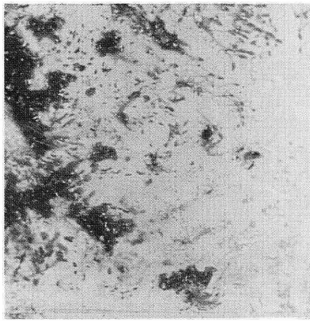
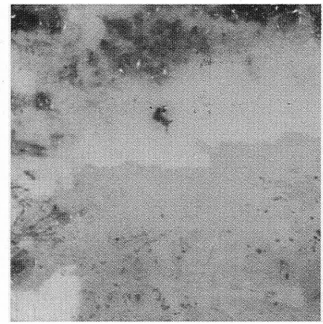
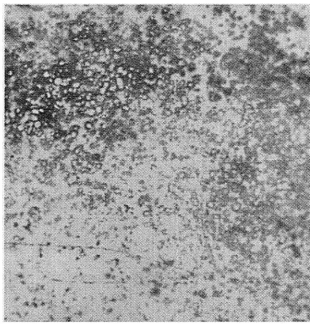
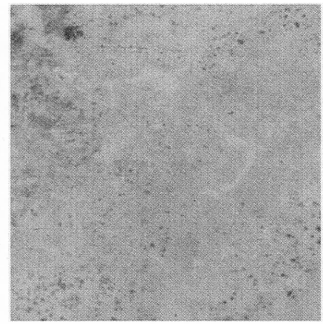
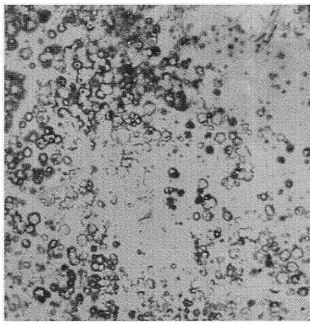
CARA OSCURA
MV

MA

9
M
E
S
E
S



12
M
E
S
E
S



Jassa falcata (que no constituye más del 1% de cobertura), observándose, además, la fijación de diatomeas y feófitos mirionematoides. Las tratadas con pintura autopulimentante no muestran más fijación que la presencia ocasional de uno o dos tubos de *Jassa falcata*.

Período de inmersión: 9 meses

Las placas patrón de la serie de primavera presentan una colonización total por la comunidad climácica de *Mytilus galloprovincialis*, con individuos de hasta 5cm de longitud que se asientan sobre un estrato basal continuo de *Balanus perforatus*. Por otra parte, Hidrozoos, Poliquetos tubícolas, Cirrípodos, tubos de Anfípodos, Briozoos, Ascidias y otros organismos son responsables del considerable grado de epibiosis que se aprecia sobre los sustratos anteriores. Las placas de la serie de verano se encuentran igualmente colonizadas por la comunidad *Mytilus galloprovincialis*, con individuos que alcanzan los 6cm de longitud, pero con bastantes menos epibiontes que en las placas de primavera.

El estudio de las placas tratadas con pintura antifouling en la serie de primavera indica una ligera pérdida de actividad del recubrimiento vinílico, en el que se observa una escasa fijación de feófitos mirionematoides que no supera el 10% de cobertura, pero que es indicio del deterioro que comienza a experimentar la pintura. Por el contrario, el tratamiento autopulimentante, a pesar de la suciedad que presenta, muestra un grado de actividad aceptable, observándose tan sólo una escasa colonización de microfouling. En la serie de verano, la eficacia de los tratamientos antifouling disminuye de forma notable, principalmente en el caso de la pintura vinílica que presenta una cobertura algal del 50% de su superficie, así como tubos de *Jassa falcata* y organismos del microfouling. Por otra parte, la presencia de feófitos mirionematoides sobre el recubrimiento autopulimentante indica una disminución de su efectividad, aunque esta colonización no representa más del 1% de la superficie estudiada.

Período de inmersión: 12 meses

Al cabo de un año de inmersión las superficies patrón de la serie de primavera muestran un recubrimiento total de *Mytilus galloprovincialis*, con individuos que alcanzan los 6 cm de longitud y que se asientan sobre un sustrato de *Balanus perforatus* de gran tamaño; además, aparecen como epibiontes numerosos Briozoos, tubos de Anfípodos, puestas de Turbelarios, Hidrozoos, Cirrípodos, etc. En la serie de verano la colonización es similar, pero con mucho menos recubrimiento de *Balanus perforatus* y epibiontes.

Las placas tratadas con pinturas antifouling de la serie de primavera son colonizadas por distintos organismos del fouling algal y animal, como feófitos mirionematoides y diatomeas, que se fijan en buena parte de la superficie de las placas con pintura vinílica, o juveniles de *Balanus perforatus* y otras incrustaciones que colonizan, en el caso de la pintura autopulimentante, las zonas que, por desgaste, están carentes de dicho tratamiento. Cabe destacar que la comunidad de *Mytilus galloprovincialis* comienza a asentarse marginalmente sobre las superficies tratadas con ambos recubrimientos antiincrustantes debido a la proximidad de las placas patrón y a la baja actividad de las pinturas. Por su parte, en la serie de verano, las placas tratadas con los dos tipos de pinturas antifouling son todavía efectivas, principalmente las de tipo autopulimentante, en las que no se observa ningún tipo de incrustación al permanecer todavía intactas. Las de tipo vinílico, aunque siguen siendo activas, muestran una escasa colonización por diatomeas y feófitos mirionematoides. Hay que señalar que, como en la serie de primavera, la comunidad de *Mytilus galloprovincialis* se asienta marginalmente sobre estas placas debido a la proximidad de las placas patrón.

CONCLUSIONES

Se observa, por una parte, el rápido recubrimiento de las placas patrón desde los

primeros momentos de la inmersión, y si bien se aprecian diferencias en las etapas iniciales de la colonización en función del grado de exposición a la luz, el resultado al final del período de inmersión es el mismo, llegándose a una comunidad climácica de *Mytilus galloprovincialis* asentada sobre un estrato de *Balanus perforatus*, siendo éstos, y el resto de los organismos presentes, los integrantes habituales de las comunidades del fouling en el puerto de Vigo [cf. GUILLERMES (1992) y ESTÉVEZ OJEA (1994)] y en otras zonas del Atlántico norte [cf. FLETCHER (1980), TERRY & PICKEN (1986), etc.]. Las especies que aparecen son de crecimiento rápido, de amplia distribución y adaptadas a la vida en los medios portuarios.

En cuanto a la eficacia de las pinturas, se observa un mejor resultado global de las placas tratadas con pintura autopulimentante frente a las tratadas con vinílica. En cuanto al efecto biocida, por el diseño de las pinturas, éste es de la misma intensidad en el tiempo en la pintura de matriz autopulimentante, mientras que en la de matriz vinílica va disminuyendo progresivamente [EVANS (1988); CALLOW & EDYVEAN (1990)], de ahí que a partir de los 6-9 meses de inmersión se empiecen a notar diferencias entre ellas. Además, las placas tratadas con pintura de matriz vinílica, por no autopulimentarse, presentan como inconveniente añadido el que se puedan fijar en su superficie estructuras inertes de diversos animales marinos (bisos de *Mytilus galloprovincialis*, tubos de Anfípodos, etc.), estructuras que no se ven afectadas por los agentes biocidas. Este fenómeno, obviamente, no ocurre en las placas tratadas con pintura autopulimentante. Sin embargo, estas últimas, aunque muy efectivas, tienen el inconveniente intrínseco de que se desgastan, pudiendo desaparecer por completo la pintura en algunas zonas de las placas. Estas zonas que pierden su tratamiento son, como se vió, rápidamente colonizadas por los organismos del fouling como si de una placa patrón se tratara.

La luz es uno de los factores más condicionantes de la eficacia de las pinturas antifouling, ya que se observa que las placas tratadas con ambas pinturas pierden su efectividad de una manera proporcional al aumento del grado de exposición a la misma, de forma que las

colocadas sobre el lado oscuro del panel son activas durante un período de inmersión más largo.

Otro factor que influye, aunque al parecer en menor medida, es el momento de inicio de la inmersión, de forma que las placas sumergidas en el mes de junio se encuentran en mejor estado de conservación al cabo de un año de inmersión que las sumergidas en el mes de marzo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a Ricardo Casal, patrón de la "Lampadena", la ayuda prestada (contra viento y marea) para la realización de este trabajo, y a los marineros de la ensenada de Bouzas sus informaciones sobre las pinturas antiincrustantes más utilizadas en el puerto de Vigo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALVARIÑO, A. (1951). Incrustaciones marinas. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, **45**: 1-21
- ARIAS, E., FELIÚ, S. & GUILLÉN, M.A. (1970). Algunas consideraciones y resultados de la aplicación de compuestos órgano-metálicos de plomo en la formulación de pinturas «Anti-fouling». *Inv. Pesq.*, **34**(2): 319-354.
- ARIAS, E., MOLERA, P. & SOUSA, J.M. (1988). Incrustaciones biológicas en el puerto de Palma de Mallorca. Su prevención con pinturas antiincrustantes. *Rev. Ibér. Corros. y Prot.*, **19**(1): 7-14.
- ARIAS, E. & MORALES, E. (1963). Ecología del puerto de Barcelona y desarrollo de las adherencias orgánicas sobre embarcaciones. *Inv. Pesq.*, **24**: 139-163.
- ARIAS, E. & MORALES, E. (1969). Ecología del puerto de Barcelona y desarrollo de adherencias orgánicas sobre placas sumergidas durante los años 1964, 1966. *Inv. Pesq.*, **33**(1): 179-200.
- ARIAS, E. & MORALES, E. (1979). Variación estacional de organismos adherentes en el puerto de Castellón de la Plana. *Inv. Pesq.*, **43**(2): 353-383.
- ARIAS, E. & MORALES, E. & SOUSA, J.M. (1980a). Ensayos biológicos de pinturas antifouling en aguas del puerto de Barcelona. Parte I. Hidrobiología. *Rev. Ibér. Corros. y Prot.*, **11**(3): 21-26.

- ARIAS, E. & MORALES, E. & SOUSA, J.M. (1980b). Ensayos biológicos de pinturas antifouling en aguas del puerto de Barcelona. Parte III. Biología y pinturas antifouling. *Rev. Ibér. Corros. y Prot.*, **11**(4): 7-16.
- ARIAS, E. & MORALES, E. & SOUSA, J.M. (1981). Contribución al estudio de la calidad de pinturas antifouling. *Inf. Téc. Inv. Pesq.*, **86**: 1-23.
- ARIAS, E., SOUSA, J.M., MORALES, E., VIVES, F. & SUAU, P. (1986). Incrustaciones biológicas en el puerto de Villanueva y Geltrú (E. de España): Ensayos para su prevención con pinturas antifouling. *Inf. Téc. Inv. Pesq.*, **134**: 3-24.
- ARIAS, E., SUAU, P. & MOLERA, P. (1988). Determinación de compuestos organometálicos de estaño en el estudio de la lixiviación de pinturas antiincrustantes. *Inf. Téc. Inv. Pesq.*, **145**: 1-11.
- ARIAS, E., SUAU, P. & MOLERA, P. (1989a). Bioensayos para la evaluación de pinturas antiincrustantes. *Rev. Ibér. Corros. y Prot.*, **20**(1): 21-31.
- ARIAS, E., SUAU, P. & MOLERA, P. (1989b). Evaluación preliminar de la actividad biocida de pinturas autopolimentantes y de contacto continuo. *Inf. Téc. Inv. Pesq.*, **148**: 1-15.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1951). Pflanzensoziologie. Wien.
- CALLOW, M.E. & EDYVEAN, R.G.J. (1990). Algal fouling and corrosion. In: Akatsuka, I. (Ed.), *Introduction to applied Phycology*: 367-387. SPB Academic Publishing bv, The Hague.
- CHRISTIE, A.O. (1973). Spore settlement in relation to fouling by *Enteromorpha*. In: Acker, R.F., Floyd Brown B., De Palma, J.R. & Iverson, W.P. (Eds.), *Proc. 3rd Int. Congr. Mar. Corrosion and Fouling*: 674-681. Northwestern University Press, Evanston.
- ESTÉVEZ OJEA, O. (1994). *Aportaciones al conocimiento del macrofouling en el puerto de Vigo*. Tesis de licenciatura (inéd.). Universidad de Vigo.
- EVANS, L.V. (1988). Marine biofouling. In: Lembi, C.A. & Waaland, J.R. (Eds.), *Algae and human affairs*: 433-453. Cambridge University Press, Cambridge.
- FLETCHER, R.L. (1980). The algal communities on floating structures in Portsmouth and Langstone Harbours (South Coast of England). In: Price, J.H. et al. (Eds.), *The Shore Environment*, **2**, Ecosystems: 834-974. Academic Press, London & New York.
- GUILLERMES, M.I. (1992). *Composición estructura y dinámica de las comunidades del fouling algal sobre estructuras sumergidas en el puerto de Vigo (Galicia: N.O. España)*. Tesis de licenciatura (inéd.). Universidad de Santiago de Compostela.
- GUILLERMES, M.I. & CREMADES, J. (1993). Algunas algas interesantes de las comunidades del fouling del puerto de Vigo (Galicia, España). *Anales Jard. Bot. Madrid*, **51**(1): 142-145.
- GUILLERMES, M.I., CREMADES, J. & PÉREZ-CIRERA, J.L. (1994). Primeros resultados sobre la composición florística y sucesión de las comunidades algales del fouling en el puerto de Vigo (Galicia, N.O. España). *Studia Botanica*, **13** (en prensa).
- HERDOCIO, N. (1984). Fijación de organismos bentónicos marinos sobre superficies experimentales vírgenes: Resultados preliminares. *Actas IV Simp. Ibér. Bentos Mar.* **1**: 307-318.
- MORALES, E. & ARIAS, E. (1964). Ecología del puerto de Barcelona y desarrollo de adherencias orgánicas sobre placas sumergidas. *Inv. Pesq.*, **28**: 49-79.
- MORALES, E. & ARIAS, E. (1977). Variación estacional de organismos adherentes en la bahía de Escombreras. *Inv. Pesq.*, **41**(2): 473-500.
- MORALES, E. & ARIAS, E. (1979a). Estudio comparativo del fouling en los puertos de Barcelona, Castellón de la Plana y Escombreras. *Inf. Téc. Inv. Pesq.*, **68**: 1-18.
- MORALES, E. & ARIAS, E. (1979b). Variación estacional de fouling en el puerto de Guetaria (N. de España). *Inv. Pesq.*, **43** (2): 385-400.
- PÉRÈS, J.M. & PICARD, J. (1964). Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume*, **31** (4): 3-137.
- TERRY, L.A. & PICKEN, G.B. (1986). Algal fouling in the North Sea. In: Evans, L.V. & Hoagland, K.D. (Eds.), *Algal biofouling, Studies in Environmental Science*, **28**: 179-192. Elsevier, Amsterdam.
- VÁZQUEZ, E., & URGORRI, V. (1992). Ascidiáceos del fouling de la ensenada de A Graña, Ría de Ferrol (Galicia, España). *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, **3**: 161-167.